

State of the art - I detect us  
in primary cooling loop

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 11-339830

(43) Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

(21) Application number : 10-146804

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22) Date of filing : 28.05.1998

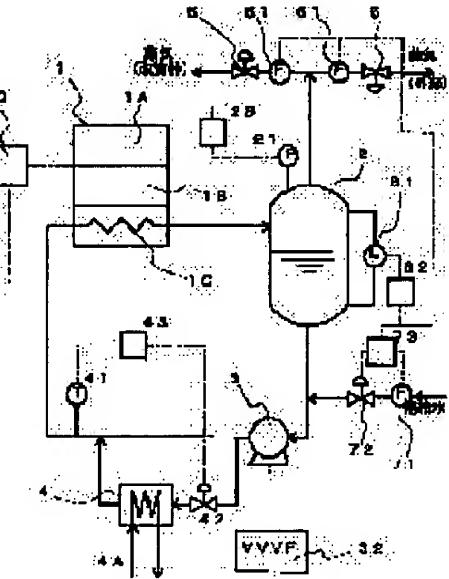
(72)Inventor : KUBOTA YASUMOTO

(54) FUEL CELL POWER GENERATING SYSTEM AND ITS OPERATING METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To adequately control the temperature of cell cooling water, effectively take out heat attendant on power generation to the outside, and operate a fuel cell in high heat efficiency at stable operating temperature.

**SOLUTION:** A branched pipe in which a heat exchanger 4 and a temperature control valve 42 are arranged is installed in parallel between a cell cooling water circulation pump 3 and a cell cooling line 1C in a circuit for supplying cooling water obtained with a water vapor separator 2 to a fuel cell main body 1 as the cell cooling water, the temperature control valve 42 is adjusted according to the detected value of a power generating current detector 10 and the detected value of a thermometer 41 to control the temperature of the cell cooling water. The pressure of the water vapor separator 2 is detected with a pressure gage 21, a pressure control valve 6 installed in a circuit for taking out water vapor to the outside is adjusted according to the detected value, and the pressure of the water vapor separator 2 is kept constant.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】燃料極、空気極および発電に伴う発熱を除去する電池冷却系を有する燃料電池本体と、燃料電池本体の電池冷却系より排出される気液二相流を導入して冷却水と蒸気に分離する水蒸気分離器と、水蒸気分離器で得られた冷却水を電池冷却水として燃料電池本体の電池冷却系へ送る電池冷却水循環ポンプを備えた燃料電池発電装置の運転方法において、

燃料電池本体の発電電流値と電池冷却水の燃料電池本体の電池冷却系の入口の温度を検出し、これらの検出值によって、電池冷却系に供給する電池冷却水の入口温度を発電電流に対応して設定される温度に制御し、さらに、水蒸気分離器の圧力を検出して、この検出値によって水蒸気分離器より蒸気を取出す調節弁を調節して、水蒸気分離器の圧力を所定の圧力に制御して運転することを特徴とする燃料電池発電装置の運転方法。

【請求項2】電池冷却水循環ポンプより燃料電池本体の電池冷却系へ至る回路に並列に設けられた分岐路に配された調節弁を調節し、該調節弁に直列接続された熱交換器に通流する流量を制御して、電池冷却系に供給する電池冷却水の入口温度を発電電流に対応して設定される温度に制御して運転することを特徴とする請求項1に記載の燃料電池発電装置の運転方法。

【請求項3】発電電流に対応して設定される前記の電池冷却水の入口温度の設定値に下限値を設け、前記の電池冷却水の入口温度の検出値が下限値に至るとき、電池冷却水循環ポンプの回転数を調節して電池冷却水の流量を増大させ、電池冷却水の入口温度を前記の下限値以上に保持するよう制御して運転することを特徴とする請求項1または2に記載の燃料電池発電装置の運転方法。

【請求項4】燃料極、空気極および発電に伴う発熱を除去する電池冷却系を有する燃料電池本体と、燃料電池本体の電池冷却系より排出される気液二相流を導入して冷却水と蒸気に分離する水蒸気分離器と、水蒸気分離器で得られた冷却水を電池冷却水として燃料電池本体の電池冷却系へ送る電池冷却水循環ポンプと、水蒸気分離器の冷却水出口と電池冷却水循環ポンプの吸い込み口を結ぶ配管に連結された、調節弁を有する補給水供給回路とを備えた燃料電池発電装置の運転方法において、水蒸気分離器より取出す蒸気量と補給水供給回路より供給される補給水の流量と水蒸気分離器の水位を検出し、これらの検出値によって補給水供給回路に備えられた調節弁を調節し、補給水の流量を調節することにより、水蒸気分離器の水位を制御して運転することを特徴とする燃料電池発電装置の運転方法。

【請求項5】燃料極、空気極および発電に伴う発熱を除去する電池冷却系を有する燃料電池本体と、燃料電池本体の電池冷却系より排出される気液二相流を導入して冷却水と蒸気に分離する水蒸気分離器と、水蒸気分離器で得られた冷却水を燃料電池本体の電池冷却系へ送る電

2

池冷却水循環ポンプと、電池冷却水循環ポンプより燃料電池本体の電池冷却系へ至る回路に並列に備えられた、熱交換器と調節弁を直列接続して配した分岐路と、水蒸気分離器の冷却水出口と電池冷却水循環ポンプの吸い込み口を結ぶ配管に連結された調節弁を有する補給水供給回路と、水蒸気分離器の圧力を検出する圧力計と、水蒸気分離器より取出す蒸気量を調節する調節弁と、燃料電池本体の発電電力を検出する発電電力検出手段を備えた燃料電池発電装置において、

前記の発電電力検出手段で検出された発電電流検出値、および燃料電池本体の電池冷却系の入口の電池冷却水の温度を検出する温度計の温度検出値を入力し、これらの検出値に基づいて前記の分岐路に設置された調節弁へ制御信号を出力して、電池冷却水の温度を発電電流検出値に対応した所定の温度に制御する温度調節器を備え、かつ、前記の圧力計で検出された圧力検出値を入力し、この検出値に基づいて前記の蒸気量を調節する調節弁へ制御信号を出力して、水蒸気分離器の圧力を所定の圧力に制御する圧力調節器を備えたことを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項6】水蒸気分離器より取出す蒸気量を検出する流量計の検出値と、補給水供給用回路より供給される補給水の流量を検出する流量計の検出値と、水蒸気分離器の水位を検出する水位計の検出値を入力し、これらの検出値に基づいて補給水供給用回路に備えられた調節弁へ制御信号を出力して、補給水の流量を制御し、水蒸気分離器の水位を所定の水位に制御する水位制御手段を備えたことを特徴とする請求項5に記載の燃料電池発電装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、燃料電池本体の冷却に用いられる冷却水系統から効率よく高温排熱を取出す燃料電池発電装置の運転方法、およびその装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】電解質層を燃料極と空気極で挟持した単電池を積層して構成される燃料電池本体に反応ガスを供給して電気化学反応により発電する燃料電池発電装置においては、発電に伴い発生する熱を除去するために、燃料電池本体に組み込んだ電池冷却系に冷却水を供給するための冷却水系統が備えられている。このため、冷却水系統は、種々の運転条件に対応して燃料電池本体を所定の運転温度に保持する機能を有するものであることが必要であり、また、得られた高温排熱を効率的に取出せるものである必要がある。

【0003】図6は、この種の燃料電池発電装置の冷却水系統として特開平5-29013号公報に示されているシステム構成図の一例である。図において、1は、燃料極1Aと空気極1Bと電池冷却系1Cよりなる燃料電

池本体、2は、電池冷却系1Cより排出された気液二相流を導入して水蒸気と冷却水とに分離する水蒸気分離器、3は、水蒸気分離器2の冷却水を電池冷却系1Cへと送る電池冷却水循環ポンプ、5は、水蒸気分離器2より取出して燃料供給ラインへと送る蒸気の流量を調節する流量調節弁、6は圧力調節弁、7は、システムの外部に設置された吸収式冷凍機、8は、吸収式冷凍機7で得た凝縮水を送る二次系冷却水循環ポンプ、9は電池冷却水の流量調節弁、10は発電出力検出器、11は電池冷却水の流量制御装置である。

【0004】本構成では、発電出力検出器10で検出された発電出力値に基づいて流量制御装置11により流量調節弁9を制御して電池冷却系1Cへと送る電池冷却水の流量を調節し、水蒸気分離器2より取出される蒸気のうち、燃料供給ラインで使用される蒸気を除いた残余の蒸気を吸収式冷凍機7に送って高温排熱を利用し、得られた凝縮水を電池冷却水に戻して使用する方法が採られている。

【0005】また、図7は、特開平8-7908号公報に示されているシステム構成図の一1である。図において、91は燃料電池本体、92は水蒸気分離器、93は電池冷却水循環ポンプ、94は蒸気発生器、95、96は流量調節弁、97は温度検出器、98は温度調節器である。本構成では、蒸気発生器94において二次側冷却水と熱交換させ、これを蒸気として外部に取出すことにより高温排熱を利用するとともに、温度検出器97で検出された温度に基づいて、温度調節器98で流量調節弁95、96を調節して燃料電池本体91へ送る電池冷却水を制御する方法が採られている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記の図6に示した構成を用いる方法においては、吸収式冷凍機7によって高温排熱が効果的に利用され、また、燃料電池本体の運転条件に対応して電池冷却水の流量が調整されるが、吸収式冷凍機7で得られた凝縮水を電池冷却水に戻して使用しているので、凝縮水の温度によって燃料電池本体に供給される電池冷却水の温度が影響を受けることとなる。このため、本方式においては、電池冷却水の温度が変動し、燃料電池本体の運転温度が安定しないという問題点がある。

【0007】また、上記の図7に示した構成を用いる方法においては、蒸気発生器94を用いて、水蒸気分離器92で得た冷却水と二次側冷却水と熱交換させ、二次側冷却水を加熱させて蒸気とし、これを外部に取出す方法、すなわち間接的に蒸気を得る方法を用いているので、得られる蒸気の温度が水蒸気分離器92で得た冷却水の温度より5~10℃程度低くなり、高温排熱の利用効率が低くなるという難点がある。

【0008】本発明は、このような従来技術の問題点を解決するためになされたもので、本発明の目的は、発電

に伴って燃料電池本体で発生する熱が冷却水系統より外部へと効率的に取出され、かつ燃料電池本体へ供給される電池冷却水の温度が適正に制御され、安定した運転温度で、エネルギー効率の高い運転ができる燃料電池発電装置の運転方法および装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明においては、

(1) 燃料極、空気極および発電に伴う発熱を除去する電池冷却系を有する燃料電池本体と、燃料電池本体の電池冷却系より排出される気液二相流を導入して冷却水と蒸気に分離する水蒸気分離器と、水蒸気分離器で得られた冷却水を燃料電池本体の電池冷却系へと送る電池冷却水循環ポンプを備えた燃料電池発電装置を、燃料電池本体の発電電流値と燃料電池本体の電池冷却系の入口の電池冷却水の温度を検出をし、これらの検出値によって、例えば、電池冷却水循環ポンプより燃料電池本体の電池冷却系へ至る回路に並列に設けられた分岐路に配された調節弁を調節して、該調節弁に直列接続して備えられた熱交換器に通流する流量を制御する等の方法により、電池冷却系に供給する電池冷却水の入口温度を発電電流に対応して設定された温度に制御し、さらに、水蒸気分離器の圧力を検出して、この検出値によって水蒸気分離器より蒸気を取出す調節弁を調節して、水蒸気分離器の圧力を所定の圧力に制御して運転することとする。

【0010】(2) また、上記(1)の発電電流に対応して設定する電池冷却水の入口温度の設定値に下限値を設け、電池冷却水の入口温度の検出値が下限値に至るとき、電池冷却水循環ポンプの回転数を調節して電池冷却水の流量を増大させ、電池冷却水の入口温度を前記の下限値以上に保持するよう制御して運転することとする。

【0011】(3) 燃料極、空気極および発電に伴う発熱を除去する電池冷却系を有する燃料電池本体と、燃料電池本体の電池冷却系より排出される気液二相流を導入して冷却水と蒸気に分離する水蒸気分離器と、水蒸気分離器で得られた冷却水を電池冷却水として燃料電池本体の電池冷却系へ送る電池冷却水循環ポンプと、水蒸気分離器の冷却水出口と電池冷却水循環ポンプの吸い込み口を結ぶ配管に連結された、調節弁を有する補給水供給回路とを備えた燃料電池発電装置を、水蒸気分離器より取出す蒸気量と補給水供給回路より供給される補給水の流量と水蒸気分離器の水位を検出し、これらの検出値によって補給水供給回路に備えた調節弁を調節し、補給水の流量を制御することによって、水蒸気分離器の水位を制御して運転することとする。

【0012】また、これらの運転方法により運転できる燃料電池発電装置として、

(4) 燃料極、空気極および発電に伴う発熱を除去する電池冷却系を有する燃料電池本体と、燃料電池本体の電池冷却系より排出される気液二相流を導入して冷却水と

5

蒸気に分離する水蒸気分離器と、水蒸気分離器で得られた冷却水を燃料電池本体の電池冷却系へと送る電池冷却水循環ポンプと、電池冷却水循環ポンプより燃料電池本体の電池冷却系へ至る回路に並列に備えられた、熱交換器と調節弁を直列接続して配したバイパス回路と、水蒸気分離器の冷却水出口と電池冷却水循環ポンプの吸い込み口とを結ぶ配管に連結された補給水供給回路と、水蒸気分離器の圧力を検出する圧力計と、水蒸気分離器より取出す蒸気量を調節する調節弁と、燃料電池本体の発電電力を検出する発電電力検出手段を備えた燃料電池発電装置において、上記の発電電力検出手段で検出された発電電流検出値、および燃料電池本体の電池冷却系の入口の電池冷却水の温度を検出する温度計の温度検出値を入力し、これらの検出値に基づいて前記のバイパス回路に設置された調節弁へ制御信号を出力して、電池冷却水の温度を発電電流検出値に対応した所定の温度に制御する温度調節器を備え、かつ、上記の圧力計で検出された圧力検出値を入力し、この検出値に基づいて前記の蒸気量を調節する調節弁へ制御信号を出力して、水蒸気分離器の圧力を所定の圧力に制御する圧力調節器を備えることとする。

【0013】(5)さらに、上記(4)に、水蒸気分離器より取出す蒸気量を検出する流量計の検出値と、補給水供給回路より供給される補給水の流量を検出する流量計の検出値と、水蒸気分離器の水位を検出する水位計の検出値を入力し、これらの検出値に基づいて補給水供給回路に備えられた調節弁へ制御信号を出力して、補給水の流量を制御し、水蒸気分離器の水位を所定の水位に制御する水位制御手段を備えることとする。

【0014】上記の(1)のごとくにすれば、熱交換器で冷却された冷却水が適量混合されることにより、電池冷却系に供給される電池冷却水が発電電流に対応した温度に安定に保持され供給されることとなる。また、水蒸気分離器の圧力が所定の圧力に安定に保持されて運転されるので、電池冷却水がより一層安定して供給されるとともに、水蒸気分離器の温度と同レベルの高温の蒸気が外部に取出され、効率よく高温排熱が利用されることとなる。

【0015】また上記の(2)のごとく電池冷却水の入口温度の設定値に下限値を設けることとすれば、燃料電池の反応温度の低下によって生じる発電効率の低下や改質ガス中のCO(一酸化炭素)による燃料電池の特性低下が防止されるので、安定して信頼性の高い運転ができることとなる。また上記の(3)のごとくにすれば、水蒸気分離器の水位の変動が抑えられるので、冷却システムの安定性が増大し、所定温度の電池冷却水が安定して供給され、水蒸気分離器の蒸気が安定して外部に取出されて利用されることとなる。

【0016】また、燃料電池発電装置を上記の(4)のごとくに構成すれば、上記の(1)のごとき運転方法で

10

6

運転でき、さらに上記の(5)のごとくに構成すれば、上記の(3)のごとき運転方法で運転できるので、発電電流に対応した所定の温度に安定に保持した電池冷却水を燃料電池本体の電池冷却系に供給することができ、かつ、水蒸気分離器の温度と同レベルの高温の蒸気を外部に取出して効率よく利用することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施例における燃料電池発電装置の冷却水系統を示すシステム構成図である。燃料電池本体1の電池冷却系1Cに送られた電池冷却水は、発電に伴う発熱を受けて気液二相流として排出され、水蒸気分離器2へと送られる。気液二相流は水蒸気分離器2において冷却水と蒸気とに分離され、分離された冷却水は、流量調節弁72を介して送られる補給水と合流したのち、インバータ32で駆動される電池冷却水循環ポンプ3によって再び電池冷却水として燃料電池本体1の電池冷却系1Cへ送られる。また、水蒸気分離器2で分離された蒸気の一部は、流量調節弁5を介して燃料ガス供給系に備えられた図示しない改質器へと送られ、燃料ガスの改質に使用される。残余の蒸気は、圧力調節弁6を介して外部へと取り出され、高温の排熱が有効利用される。

【0018】本構成においては、電池冷却水循環ポンプ3より燃料電池本体1の電池冷却系1Cの入口へ至る回路の一部に、熱交換器4と温度調節弁42を直列接続した分岐路が組み込まれており、発電電流値に応じて温度調節弁42を調節し、熱交換器4で2次冷却系4Aと熱交換して冷却される冷却水の流量を調節することにより、電池冷却系1Cへ供給する電池冷却水の温度を制御している。すなわち、図2に示した電池冷却水入口温度の制御ブロック図のごとく、発電電流検出器10で検出された発電電流検出値を付設の関数発生器に送って、例えば図3に示した設定条件となるように電池冷却水入口温度設定値を算定し、この電池冷却水入口温度設定値を、温度計41で検出された電池冷却水入口温度検出値とともに、PI調節器、すなわち温度調節器43へ入力し、その出力信号によって温度調節弁42の開度を制御して、電池冷却水入口温度検出値が電池冷却水入口温度設定値となるよう調節している。

【0019】また、本構成においては、水蒸気分離器2で分離された蒸気を安定して改質器へ送るために、水蒸気分離器2の圧力を一定に保持するよう構成されている。すなわち、図4に示した水蒸気分離器圧力の制御ブロック図のごとく、水蒸気分離器圧力設定値と、圧力計21で検出された水蒸気分離器圧力検出値を、PI調節器、すなわち圧力調節器23に入力し、その出力信号によって外部に蒸気を取り出す圧力調節弁6の開度を制御して、水蒸気分離器2の圧力を一定に保持している。

【0020】したがって、本構成では、水蒸気分離器2より取り出される蒸気の流量に影響されることなく、電

50

池冷却水を所定の温度に制御して供給することができ、また、水蒸気分離器2の温度と同レベルの高温の蒸気を取り出して使用できるので、効率的に高温排熱を利用できる。さらに、本構成においては、改質器に送られる蒸気流量を検出する流量計51、外部に取り出して熱利用される蒸気流量を検出する流量計61、補給水の流量を検出する流量計71、ならびに水蒸気分離器2の水位を検出する水位計81を組み込み、水蒸気分離器2からの蒸気の取り出しに伴う冷却水量の低下を補給水で補つて、水蒸気分離器2の水位を所定の水位に保持できるよう構成されている。すなわち、図5に示した水蒸気分離器水位の制御ブロック図のごとく、水蒸気分離器水位設定値と、水位計81で検出された水蒸気分離器水位検出値をP1調節器、すなわち水位調節器82に入力し、その出力信号と、流量計51で検出された改質蒸気流量検出値、および流量計61で検出された外部取り出し蒸気流量検出値から定められる補給水流量設定値を、流量計71で検出された補給水流量検出値とともにP1調節器、すなわち流量調節器73に入力し、その出力信号によって流量調節弁72の開度を制御して、補給水の流量を調節し、水蒸気分離器2の水位を所定の水位に調節している。

【0021】したがって、本構成では、運転条件の変動等によって取り出し蒸気量が変動する場合においても、水蒸気分離器2の水位が所定の水位に保たれるため、所定の温度に調節された電池冷却水が、過不足なく安定して供給されることとなり、また、水蒸気分離器2で得られた蒸気が改質器へ安定して送られることとなる。なお、本実施例の構成では、電池入口での電池冷却水温度の設定値を燃料電池発電電流に対して、図3のごとき特性に設定しており、燃料電池発電電流が小さい低負荷では、発電に伴う発熱も少ないので、電池入口での電池冷却水温度を高い値に設定して熱交換器4を通流する電池冷却水の流量を微量に抑え、燃料電池発電電流の増大とともに発熱量の増大を考慮して電池冷却水温度の設定値を低下させており、さらに燃料電池発電電流が所定値以上に増大すると、電池冷却水温度の設定値を特定の下限値に保持するよう設定するとともに、インバータ32により電池冷却水循環ポンプ3の回転数を調節して電池冷却水の流量を増大させ、所要の冷却性能が得られるよう構成している。したがって、燃料電池の運転温度は所定値以上に保持されるので、反応温度の低下に伴って生じる発電効率の低下や改質ガス中のCO(一酸化炭素)による燃料電池の特性低下を回避することができる。

【0022】

【発明の効果】以上説明したように、本発明においては、

(1) 燃料電池発電装置を、請求項1、2、3あるいは

4のごとき方法により運転することとしたので、水蒸気分離器の温度と同程度の高温の蒸気を熱利用に用いることができ、熱利用効率が高くなつた。また、燃料電池本体に供給する電池冷却水の温度が所定の温度に保持されるので、燃料電池本体の運転温度が安定し、信頼性の高い運転ができることとなった。

【0023】(2)また、燃料電池発電装置を、請求項5あるいは6のごとく構成すれば、請求項1、2、3あるいは4のごとき方法により運転することができるので、熱利用効率が高く、運転の信頼性の高い燃料電池発電装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の燃料電池発電装置の冷却水系統を示すシステム構成図

【図2】本発明の実施例の冷却水系統における電池冷却水入口温度の制御ブロック図

【図3】本発明の実施例の冷却水系統における電池冷却水入口温度設定値の発電電流に対する依存性を示す特性図

【図4】本発明の実施例の冷却水系統における水蒸気分離器圧力の制御ブロック図

【図5】本発明の実施例の冷却水系統における水蒸気分離器水位の制御ブロック図

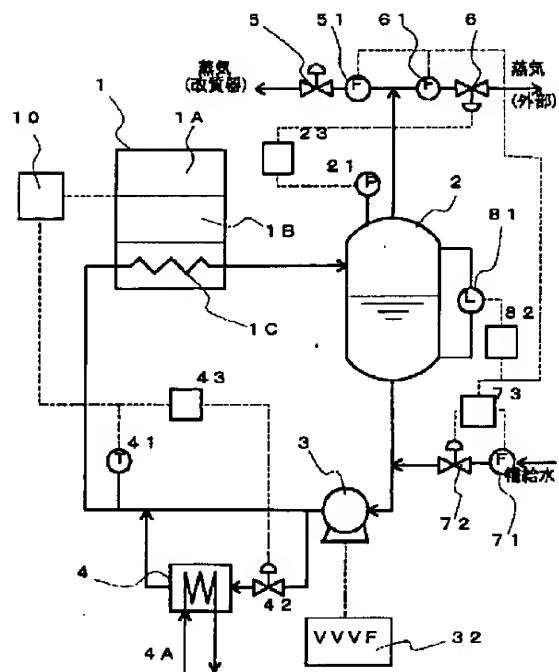
【図6】従来の燃料電池発電装置の冷却水系統の一例を示すシステム構成図

【図7】従来の燃料電池発電装置の冷却水系統の他の一例を示すシステム構成図

【符号の説明】

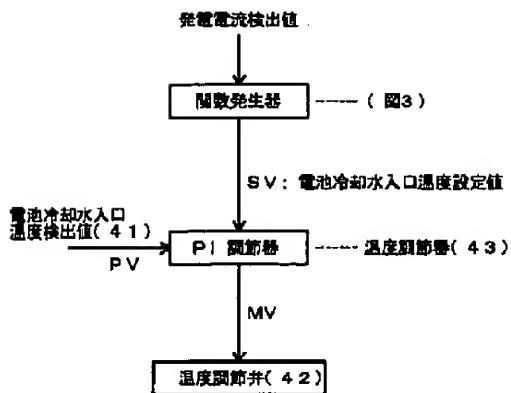
1	燃料電池本体
2	水蒸気分離器
3	電池冷却水循環ポンプ
4	熱交換器
5	流量調節弁
6	圧力調節弁
10	発電電流検出器
21	圧力計
23	圧力調節器
41	温度計
42	温度調節弁
43	温度調節器
51	流量計
61	流量計
71	流量計
72	流量調節弁
73	流量調節器
81	水位計
82	水位調節器

【図1】

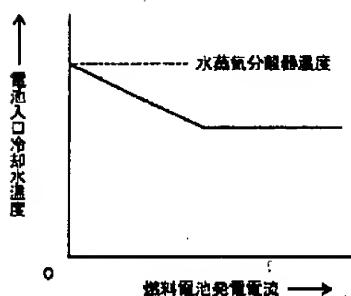


1 .. 燃料電池本体  
2 .. 水蒸気分離器  
3 .. 電池冷却水循環ポンプ  
4 .. 熱交換器  
5 .. 流量調節弁  
6 .. 圧力調節弁  
7 .. 圧力調節器  
8 .. 温度調節弁  
9 .. 温度調節器  
10 .. 電池出力検出器  
21 .. 圧力計  
23 .. 圧力調節器  
41 .. 温度計  
42 .. 温度調節弁  
43 .. 温度調節器  
51, 61, 71 .. 流量計  
72 .. 流量調節弁  
73 .. 流量調節器  
81 .. 水位計  
82 .. 水位計

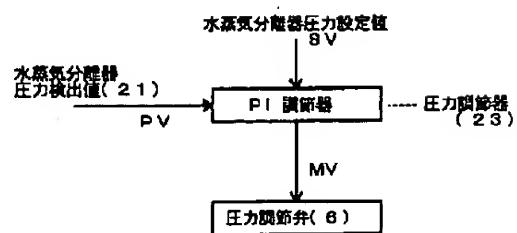
【図2】



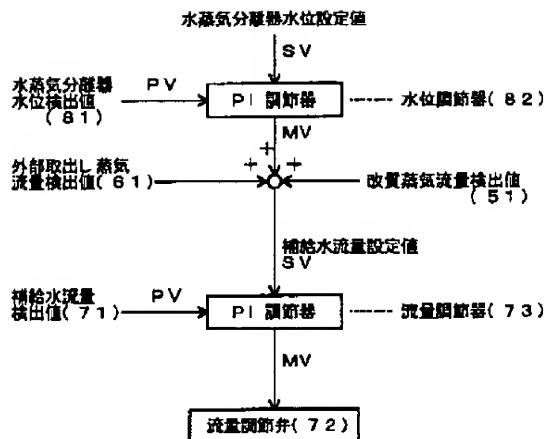
【図3】



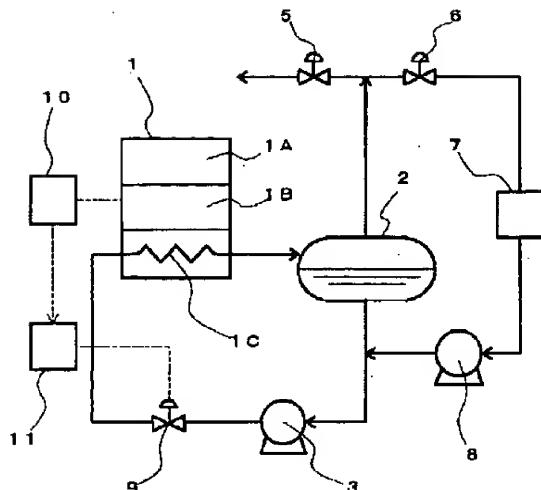
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

